

# BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND



## Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

**Aktenzeichen:** 103 46 639.8

**Anmeldetag:** 08. Oktober 2003

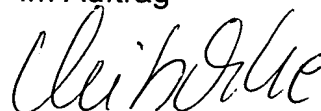
**Anmelder/Inhaber:** Carl Zeiss, Heidenheim an der Brenz/DE

**Bezeichnung:** Operationsmikroskopiesystem

**IPC:** A 61 B, G 02 B, F 16 M

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 22. Dezember 2003  
**Deutsches Patent- und Markenamt**  
**Der Präsident**  
Im Auftrag



Nitschke

# **DIEHL · GLAESER HITL & PARTNER**

GESELLSCHAFT BÜRGERLICHEN RECHTS

Patentanwälte · Augustenstrasse 46 · D - 80333 München

Dr. Hermann O. Th. Diehl · Diplom-Physiker  
Joachim W. Glaeser · Diplom-Ingenieur\*  
Dr. Elmar Hiltl · Diplom-Chemiker  
Dr. Frank Schorr · Diplom-Physiker  
Dr. Christian Huber · Diplom-Chemiker  
Dr. Klaus Hinkelmann · Diplom-Chemiker

In Kooperation mit Diehl & Partner AG  
CH - 7513 Silvaplana · Schweiz

Patentanwälte · European Patent Attorneys  
München · Hamburg\*

8. Oktober 2003

## **NEUE DEUTSCHE PATENTANMELDUNG**

Z8917-DE-1 FS/OC

Anmelderin:

Carl Zeiss

D-89518 Heidenheim (Brenz)  
Deutschland

**Operationsmikroskopiesystem**

Kanzlei · Office: München

U:\ANMELDER\ZEISS\Formulare\dpma\_deck\_cz.doc

Telefon · Telephone  
(089) 17 86 36-0

Telefax · Facsimile  
(089) 1 78 40 33  
(089) 1 78 40 34

E-mail/Internet  
info@diehl-patent.de  
www.diehl-patent.de

Anschrift · Address  
Augustenstrasse 46  
D - 80333 München

Postanschrift · Mailing address  
P.O. Box 34 01 15  
D - 80098 München

## Operationsmikroskopiesystem

5

Die Erfindung betrifft ein Operationsmikroskopiesystem mit einem Operationsmikroskop und einem das Operationsmikroskop tragenden Stativ.

Das Operationsmikroskop kann von einem Chirurgen verwendet werden, um während eines operativen Eingriffes eine vergrößerte Darstellung eines Operationsfeldes zu erhalten.

Das Stativ umfaßt ausgehend von einer Stativbasis mehrere aneinander angelenkte Stativglieder, von denen eines das Operationsmikroskop trägt, wobei die Stativglieder relativ zueinander verlagerbar, beispielsweise verschwenkbar sind, um eine Position des Operationsmikroskops im Raum relativ zu der Stativbasis und damit relativ zu dem Operationsfeld zu verlagern. Um den Chirurgen zu entlasten und ihm auch eine möglichst präzise Positionierung des Operationsmikroskops im Raum zu ermöglichen, umfaßt das Stativ Mittel, um dieses "auszubalancieren", so daß im wesentlichen unabhängig von der Position des Operationsmikroskops relativ zu der Stativbasis möglichst geringe Kräfte auf das Operationsmikroskop oder eines der Stativglieder ausgeübt werden müssen, um das Operationsmikroskop im Raum zu verlagern. Beispiele für den mechanischen Aufbau derartiger ausbalancierter Stative sind beispielsweise aus DE 43 20 443 A1 oder DE 43 34 069 A1 bekannt.

Neben der mechanischen Funktion des Tragens des Operationsmikroskops über dem Operationsfeld erfüllt das Stativ auch die Funktion, verschiedene Leitungen, welche für den Betrieb des Operationsmikroskops nötig sind, zu diesem entlang wenigstens eines Teils der Stativglieder hinzuführen.

Diese "Leitungen" umfassen beispielsweise eine Stromzuführungsleitung, um einen in dem Operationsmikroskop vorgesehenen Stromverbraucher mit Antriebsenergie zu versorgen. Beispiele für solche Stromverbraucher sind ein Stellmotor zur Betätigung eines Zoomsystems einer Mikroskopieoptik, ein Datenaufnahmegerät, wie beispielsweise eine Kamera oder ein Abstandsmeßsystem, und eine Datenanzeigevorrichtung, um in einen Strahlengang der Mikroskopieoptik Daten und Bilder zur Betrachtung durch den Chirurgen einzukoppeln. Die "Leitungen" umfassen ferner Datenleitungen, um beispielsweise die von der Datenaufnahmevorrichtung gewonnenen Daten einem mit Abstand von dem Operationsmikroskop angeordneten Datenaufzeichnungs- oder Auswertegerät zuzuführen und um ferner wiederum Daten zu dem Operationsmikroskop zu übertragen, beispielsweise zur Darstellung für den Chirurgen mittels der Anzeigevorrichtung.

Ferner umfassen die "Leitungen" auch einen Lichtleiter, um Licht, welches zur Beleuchtung des Operationsfeldes notwendig ist, demselben zuzuführen. Die Lichtquelle für dieses Licht ist herkömmlicherweise an dem Stativ, beispielsweise an der Stativbasis, gehalten, deren abgestrahltes Licht wird in den Lichtleiter eingekoppelt und entlang der Stativglieder zum Operationsmikroskop geführt und von diesem in Richtung zu einer Objektebene desselben abgestrahlt.

Es hat sich herausgestellt, daß auch sorgfältig ausbalancierte Stative in der Praxis für den Chirurgen Defizite dahingehend aufweisen, daß verbleibende Restkräfte des Stativs versuchen, das Operationsmikroskop in die eine oder andere Richtung zu bewegen.

Insbesondere hat sich herausgestellt, daß das Stativ, selbst wenn es für eine Position des Operationsmikroskops

zufriedenstellend ausbalanciert ist, an einer anderen Position des Operationsmikroskops wieder Restkräfte entwickelt.

Es ist eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung ein Operationsmikroskopiesystem mit einem besser ausbalancierbaren Stativ vorzuschlagen.

Zur Lösung dieser Aufgabe ist vorgesehen, Mittel bereitzustellen, welche die Führung der einen oder anderen Art von "Leitungen" entlang wenigstens einiger Stativglieder überflüssig machen.

Die Erfinder haben nämlich herausgefunden, daß die oben geschilderten Restkräfte durch solche Leitungen erzeugt werden und daß diese Restkräfte schließlich durch eine lokale Verbiegung der Leitungen an solchen Stellen erzeugt werden, an denen die Leitungen von einem Stativglied auf ein anderes übergehen. Aufgrund der Verlagerung der Stativglieder relativ zueinander ändern sich diese Verbiegungen und damit auch die von den Leitungen erzeugten Restkräfte, weshalb diese nicht für im wesentlichen sämtliche Positionen des Operationsmikroskops durch Ausbalancieren kompensierbar sind.

Zur Umsetzung dieses erfinderischen Konzepts der Reduzierung von durch Leitungen erzeugten Restkräften ist gemäß einer Ausführungsform vorgesehen, eine herkömmliche wenig flexible Leitung durch eine flexiblere Leitung zu ersetzen und insbesondere eine herkömmliche Leitung gegebener Dicke und Starrheit durch zwei voneinander separate Leitungen insgesamt geringerer Dicke und Starrheit zu ersetzen.

Ferner ist vorgesehen, die Übertragung mittels einer Leitung durch eine drahtlose Übertragung von einem mit Abstand zu dem Operationsmikroskop angeordneten Sender direkt zu einen Empfänger an dem Operationsmikroskop bzw. von einem

an diesem vorgesehenen Sender zu einem entfernt von dem Mikroskop angeordneten Empfänger zu ersetzen.

Den nachfolgend beschriebenen Ausführungsformen des erfindungsgemäßen Operationsmikroskopiesystems ist gemeinsam, daß sie ein Operationsmikroskop und ein Stativ mit einer Stativbasis und mehreren aneinander angelenkten Stativgliedern umfassen, von denen eines das Operationsmikroskop trägt, und wobei aneinander gekoppelte Stativglieder derart relativ zueinander verlagerbar sind, daß das Operationsmikroskop relativ zu der Stativbasis verlagerbar ist.

Die Stativbasis kann ein Stativfuß sein, mit welchem das Stativ an einem Boden eines Raumes aufgestellt ist, es kann sich bei der Stativbasis jedoch auch um eine Befestigung handeln, um das Stativ an einer Decke oder einer Wand des Raumes oder an einem anderen Gegenstand, wie beispielsweise einem weiteren Stativ, festzulegen.

Bei einer Ausführungsform ist an dem Operationsmikroskop ein Lichtemitter zum Beleuchten des Operationsfeldes vorgesehen, und das Operationsmikroskopiesystem umfaßt ein Lichtleitersystem, um den Lichtemitter mit Licht zu versorgen. Hierbei sind dann wenigstens zwei voneinander separate und das Licht gemeinsam führende Lichtleiter vorgesehen. Es hat sich nämlich herausgestellt, daß ein Lichtleiter mit einem gegebenen lichtleitenden Querschnitt eine größere Steifigkeit aufweist als zwei Lichtleiter mit jeweils dem halben Querschnitt zusammen. Die wenigstens zwei Lichtleiter sind an wenigstens einem Paar von aneinander angelenkten Stativgliedern getragen und an einem jeden Stativglied des Paares an einem Befestigungsort an dem jeweiligen Stativglied festgemacht, wobei zwischen den beiden Befestigungsorten ein Abstand vorgesehen ist. Zwar üben auch die wenigstens zwei voneinander separaten Lichtleiter von der Position des Paares Stativglieder relativ zueinander

stellungsabhängige Restkräfte auf, allerdings sind diese in der Regel geringer als die Restkräfte, die von einem herkömmlicherweise vorgesehenen einzigen Lichtleiter ausgeübt werden.

5

Eine weitere Ausführungsform sieht vor, eine den Lichtemitter speisende Lichtquelle direkt am Operationsmikroskop vorzusehen. Dieser Weg wurde bisher nicht eingeschlagen, da leistungsfähige Beleuchtungssysteme für Operations-

10 mikroskope durchwegs die Zuführung des Lichts mittels Lichtleiter aufweisen. Durch die Anordnung der Lichtquelle direkt am Operationsmikroskop wird zwar dessen Gewicht erhöht, was zwar einen gewissen Nachteil bildet, allerdings wird dieser deshalb, weil das Stativ das größere Gewicht

15 des Mikroskops selbst ausbalancieren kann, mehr als ausgewogen dadurch, daß die durch den Lichtleiter herkömmlicherweise erzeugten Restkräfte gänzlich vermieden sind.

Vorzugsweise wird als Lichtquelle hierbei ein Halbleiterbauelement, wie beispielsweise eine Leuchtdiode eingesetzt.

20 Die Erfinder haben nämlich herausgefunden, daß moderne Halbleiterbauelemente bei einem relativ geringen Gewicht eine vergleichbar hohe Lichtleistung erzeugen, welche überraschenderweise ausreicht, um ein Operationsfeld für die Praxis ausreichend zu beleuchten. Entsprechend haben die

25 Erfinder den durch den Stand der Technik vorgegebenen Weg der Zuführung von immer mehr Lichtleistung zu dem Operationsmikroskop durch ständig dicker werdende Lichtleiter verlassen und im Gegensatz zu diesem vorgegebenen Weg eine

30 gänzlich andere Lösung vorgeschlagen, nämlich die Anordnung der Lichtquelle als Halbleiterbauelement an dem Operationsmikroskop selbst.

Vorzugsweise ist zur Erzeugung von Strom und zur Speisung

35 des Halbleiterbauelementes wenigstens eine an dem Operationsmikroskop gehaltene chemoelektrische Zelle, wie bei-

spielsweise eine Batterie, ein Akkumulator und, besonders bevorzugt, eine Brennstoffzelle vorgesehen. Es ist dann nämlich möglich, auch die Führung einer Stromversorgungsleitung für die Lichtquelle entlang den Gliedern des Stativs zu vermeiden.

Weiterhin bevorzugt ist eine Lösung, bei der zwei voneinander unabhängige elektrochemische Zellen an dem Operationsmikroskop vorgesehen sind, wobei eine einzige der Zellen ausreicht, um den Betrieb des Operationsmikroskops, das heißt hier den Betrieb der Lichtquelle, zu ermöglichen. Es ist dann ein Austausch einer erschöpften Zelle ohne Unterbrechung des Betriebs durchzuführen.

Ferner ist vorzugsweise vorgesehen, daß mehrere Halbleiterbauelemente als Lichtquellen vorgesehen sind, wobei diese ihr Licht in jeweils verschiedenen Wellenlängenbereichen emittieren. Das verschiedenfarbige Licht der einzelnen Lichtquellen wird derart überlagert, daß schließlich das Operationsfeld mit überlagertem Licht beleuchtet wird, dessen Farbe einem für den Chirurgen angenehmen Weißlicht nahekommt.

Diese Überlagerung kann derart ausgeführt sein, daß diese erst an dem Operationsfeld zu Stande kommt, indem beispielsweise die mehreren verschiedenfarbigen Lichtquellen ihr Licht direkt zu dem Operationsfeld hin abstrahlen. Vorzugsweise ist jedoch ein Lichtmischer zur Erzeugung der Überlagerung vorgesehen, wobei der Lichtmischer eine lichtreflektierende Geometrie bereitstellt, in der wenigstens ein Teil des von den Lichtquellen erzeugten Lichts ein oder mehrmals reflektiert wird.

Besonders bevorzugt ist die Ausführung des Lichtmischers als ein um wenigstens einen Teil des Umfangs eines Objekts des Operationsmikroskops angeordneter Lichtleiter.



Ferner ist vorzugsweise ein Halbleiterbauelement vorgesehen, welches Licht emittiert und wenigstens einen Teil dieses Lichts auf einen Phosphor aufstrahlt, der durch  
5 Fluoreszenz das auftreffende Licht in ein Licht einer bestimmten Farbe umwandelt, welches dann hin zu dem Operationsfeld abgestrahlt werden kann. Es kann das Halbleiterbauelement beispielsweise eine im Ultravioletten (UV) emittierende Leuchtdiode sein, deren Licht auf eine Phosphorschicht trifft, welche ein oder mehrere Phosphore derart  
10 enthält, daß das von der Schicht abgestrahlte Licht einen in etwa weißen Farbeindruck hinterläßt. Ebenso ist es möglich, daß das Halbleiterbauelement eine Leuchtdiode ist, die blaues Licht emittiert. Ein Teil dieses blauen Lichts  
15 kann zur Beleuchtung des Operationsfelds eingesetzt werden, während ein anderer Teil dieses Lichts auf eine Phosphorschicht fällt, welche derart ausgebildet ist, daß sie das blaue Licht umwandelt in beispielsweise rotes und gelbes Licht, welches ebenfalls zur Beleuchtung des Operationsfelds eingesetzt wird. Das von der blauen Leuchtdiode abgestrahlte und das von dem Phosphor abgestrahlte Licht können  
20 ebenfalls nach einer der vorangehend beschriebenen Techniken gemischt werden, um eine möglichst homogene in etwa weiße Ausleuchtung des Operationsfelds zu erhalten.

25 Neben der Ausführung der Lichtquelle als Halbleiterbauelement ist es auch möglich, ein organisches Bauelement, wie etwa eine organische Leuchtdiode (OLED) oder ein lichtemittierendes Polymer ("light emitting polymer". LEP) als  
30 Lichtquelle einzusetzen.

Gemäß einer weiteren Ausführungsform ist vorgesehen, das von dem Lichtemitter abgestrahlte Licht dem Operationsmikroskop von außerhalb, beispielsweise durch einen Lichtleiter zuzuführen und hierbei an dem Operationsmikroskop  
35 eine Photozelle bereitzustellen, auf die ein Teil des dem

Operationsmikroskop zugeführten Lichts trifft, um hierdurch durch einen optoelektrischen Prozeß Strom zum Betrieb eines oder mehrerer stromverbrauchender Komponenten des Operationsmikroskops zu erzeugen. Es ist dann möglich, auf ein  
5 herkömmlicherweise entlang der Stativglieder geführtes Stromversorgungskabel zu verzichten und hierdurch die von dem herkömmlichen Stromleiter erzeugten Restkräfte zu reduzieren.

10 Vorzugsweise ist ein Strahlteiler vorgesehen, welcher von dem dem Lichtemitter zugeführten Licht durchsetzt wird, um daraus das auf die Photozelle gerichtete Licht auszukoppeln. Besonders bevorzugt ist der Strahlteiler wellenlängenselektiv und erfüllt seine Auskoppelfunktion wesentlich  
15 lediglich für einen Wellenlängenbereich des zugeführten Lichts, welcher für die Beleuchtung des Operationsfeldes keine wesentliche Bedeutung hat.

Gemäß einer weiteren Ausführungsform ist an dem Operationsmikroskop wenigstens ein mit elektrischem Strom betriebenes  
20 Gerät vorgesehen, und das Operationsmikroskopiesystem umfaßt ein Stromversorgungssystem zum Betrieb dieses Gerätes. Hierbei umfaßt das Stromversorgungssystem zur Hinleitung und Rückleitung des Stroms zu bzw. von dem Operationsmikroskop jeweils einen elektrisch isolierten Draht, welche  
25 voneinander separiert sind und als separierte Drähte sich zwischen zwei Befestigungsarten an jeweils verschiedenen Stativgliedern eines Paares von aneinander angelenkten Stativgliedern erstrecken.

30 Im Unterschied zu den herkömmlich fest miteinander verbundenen Aderpaaren einer Stromversorgungsleitung stellen die voneinander separierten Drähte geringere Restkräfte bereit, ähnlich wie dies vorangehend bereits für die Zuführung von  
35 Licht durch zwei separate Lichtleiter erläutert wurde.

Vorzugsweise sind die beiden Drähte hierbei als "twisted pair", das heißt als lose miteinander verdrehte Drähte ausgeführt.

5 Gemäß einer weiteren Ausführungsform umfaßt das Stromversorgungssystem einen Wechselstromgenerator, einen von dem Wechselstromgenerator gespeisten Induktionssender, der an einem ersten der Stativglieder angebracht ist und einen Induktionsempfänger, der an einem an dem ersten Stativglied  
10 angelenkten zweiten Stativglied derart angebracht ist, daß er dem Induktionssender gegenüberliegt und relativ zu diesem verlagerbar ist. Der Induktionsempfänger speist dann das mit elektrischem Strom betriebene Gerät.

15 Gemäß einer weiteren Ausführungsform umfaßt das Stromversorgungssystem an einem der Stativglieder eine Kontaktschiene und an einem anderen an diesem angelenkten Stativglied einen an der Kontaktschiene anliegenden Schleifkontakt. Hierbei kann dann auf Stromleiter, welche beispielsweise ein Gelenk zwischen einander grenzenden Stativgliedern überbrücken, gänzlich verzichtet werden.  
20

Gemäß einer weiteren Ausführungsform ist vorgesehen, wenigstens einen Stromführungspfad zur Zuleitung oder/und Ableitung von Strom zu bzw. von dem Operationsmikroskop durch  
25 eine der mechanisch tragenden Komponenten eines Stativglieds auszuführen. Dieser durch die mechanisch tragende Komponente des Stativglieds bereitgestellte Strompfad ersetzt dann eine herkömmlicherweise vorgesehene Stromzuführungsleitung, so daß auch die durch diese ausgeübten  
30 Restkräfte wegfallen.

Gemäß einer weiteren Ausführungsform ist vorgesehen, den für den Betrieb des stromverbrauchenden Gerätes benötigten  
35 Strom nicht durch Stromleitung zuzuführen, sondern die hierfür notwendige Energie drahtlos zu übertragen, wozu mit

Abstand von dem Operationsmikroskop ein Energiestrahlungssender und an dem Operationsmikroskop ein entsprechender Strahlungsempfänger vorgesehen ist, der die empfangene Strahlung in elektrischen Strom zum Betrieb des Gerätes umwandelt. Die Energiestrahlung kann beispielsweise Infrarotstrahlung, Mikrowellenstrahlung oder Laserstrahlung umfassen.

Hierbei ist es bevorzugt, daß der Strahlungssender eine deutliche Richtcharakteristik aufweist, welche in Abhängigkeit von der Position des Operationsmikroskops derart änderbar ist, daß ein Großteil der von dem Strahlungssender abgestrahlten Strahlungsenergie auch den Strahlungsempfänger trifft.

Gemäß einer weiteren Ausführungsform umfaßt das Stromversorgungssystem eine in der Stativbasis vorgesehene chemoelektrische Zelle, wie beispielsweise einen Akkumulator oder dergleichen.

Dies ist insbesondere dann vorteilhaft, wenn die Stativbasis zur Aufstellung auf dem Boden des Saales vorgesehen ist und deshalb ein die Stabilität des Stativs sicherstellendes erhöhtes Gewicht aufweisen soll. Es sind dann nämlich Stromzuführungsleitungen zur Zuführung von Energie zu dem Operationsmikroskopiesystem nicht nötig, was die Arbeit des Chirurgen erleichtert, der herkömmlicherweise nämlich darauf achten mußte, nicht über solche auf dem Boden des Operationssaales verlegte Leitungen zu stolpern.

Als eine alternative Lösung hierfür ist vorgesehen, an dem Boden festgemachte oder in diesem angeordnet Induktionssender bereitzustellen, welche mit einem an der Stativbasis vorgesehenen Induktionsempfänger zusammenwirken, um Energie hin zu dem Operationsmikroskopiesystem zu übertragen.

Gemäß einer weiteren Ausführungsform ist an dem Operationsmikroskop eine Datenaufnahmevorrichtung oder eine Datenanzeigevorrichtung vorgesehen, und das Operationsmikroskopiesystem umfaßt ein Datenübertragungssystem zur Übertragung der Daten hin zu der Datenanzeigevorrichtung bzw. weg von der Datenaufnahmevorrichtung. Im Unterschied zu einem herkömmlicherweise für solche Zwecke eingesetzten Koaxialkabel oder dergleichen ist dann ein Paar von voneinander separaten Drähten vorgesehen, welche als voneinander separierte Drähte sich zwischen Befestigungsarten erstrecken, welche an einem Paar von aneinander angelenkten Stativgliedern vorgesehen sind, ähnlich wie dies vorangehend im Zusammenhang mit der Beschreibung des Paares von Stromzuführungsdrähten erläutert wurde. Auch die vorangehend im Zusammenhang mit der Stromversorgung geschilderten Möglichkeiten der Ausführung der Drähte als "twisted pair" und des Einsatzes von Kontaktschienen und Schleifkontakten sowie die Ausnutzung von mechanisch tragenden Komponenten eines Stativglieds zur elektrischen Datenübertragung sind hier anwendbar.

Gemäß einer weiteren Ausführungsform umfaßt das Datenübertragungssystem einen Datenmodulator, einen von dem Datenmodulator gespeisten Induktionssender, der an einem ersten der Stativglieder angebracht ist, einen Induktionsempfänger, der an einem an dem ersten Stativglied angelenkten zweiten Stativglied derart angebracht ist, daß er dem Induktionssender gegenüberliegt und relativ zu diesem verlagerbar ist, und einen mit dem Induktionsempfänger gekoppelten Datendemodulator.

Wenn das Operationsmikroskop eine Datenanzeigevorrichtung umfaßt, ist der Datendemodulator vorzugsweise mit dieser Datenanzeige gekoppelt. Die Kopplung kann hierbei über weitere Stativglieder hinweg erfolgen, wobei diese wiederum

Paare von Induktionssendern und Induktionsempfängern aufweisen.

Wenn das Operationsmikroskop eine Datenaufnahmeverrichtung  
 5 umfaßt, so ist diese vorzugsweise mit dem Datenmodulator  
 gekoppelt, wobei auch hier wiederum die Kopplung über  
 mehrere Stativglieder hinweg erfolgen kann, deren Paare  
 wiederum einander gegenüberliegende Induktionssender und  
 Induktionsempfänger umfassen.

10

Gemäß einer weiteren Ausführungsform ist vorgesehen, zur  
 Datenübertragung einen Lichtleiter einzusetzen und diesen  
 entlang der Stativglieder zu führen. Aufgrund der hohen  
 Bandbreite einer Datenübertragung durch Lichtleiter ist es  
 15 hierdurch möglich, eine Vielzahl von herkömmlichen Daten-  
 übertragungsleitungen einzusparen.

Ferner ist es möglich, den Lichtleiter zur Datenübertragung  
 gemeinsam mit einem Lichtleiter zur Zuführung von Beleuch-  
 20 tungslicht zum Operationsmikroskop auszuführen. So kann  
 beispielsweise die Lichtquelle zur Datenübertragung modu-  
 liert werden und diese Modulation an dem Operations-  
 mikroskop detektiert werden, oder es kann Licht zur Daten-  
 übertragung in den Lichtleiter zur Zuführung des Beleuch-  
 25 tungslichts eingekoppelt und am Operationsmikroskop wieder  
 ausgekoppelt werden. Hierbei ist es bevorzugt, das Licht  
 zur Datenübertragung in lediglich eine Glasfaser oder  
 einige wenige Glasfasern des Lichtleiters zur Übertragung  
 des Beleuchtungslichtes einzukoppeln und lediglich das  
 30 Licht dieser einen oder wenigen Glasfasern am anderen Ende  
 des Lichtleiters zu demodulieren.

Gemäß einer weiteren Ausführungsform ist vorgesehen, an den  
 Stativgliedern Hohlleiter zur Führung elektromagnetischer  
 35 Wellen vorzusehen, welche an Orten, an denen benachbarte  
 Stativglieder aneinander angelenkt sind, ineinander über-

gehen, ohne daß hierbei allzu große Übertragungsverluste entstehen.

Gemäß einer weiteren Ausführungsform ist vorgesehen, zur  
 5 Übertragung der Daten von einem Stativglied auf ein nächstes einen Optokoppler vorzusehen. Dessen Komponenten, nämlich Sender und Empfänger, sind dann zusammen mit den aneinander angelenkten Stativgliedern relativ zueinander verlagerbar, ohne die Übertragungsqualität allzu stark zu be-  
 10 einträchtigen.

Gemäß einer weiteren Ausführungsform ist vorgesehen, die Datenübertragung drahtlos zu realisieren, indem an dem Operationsmikroskop eine Sende- oder/und Empfängereinheit für  
 15 die Daten angebracht ist und entfernt von dem Operationsmikroskop eine entsprechende Empfänger- bzw. Sendeeinheit vorgesehen ist. Zwischen Sendeeinheit und Empfängereinheit erfolgt die Datenübertragung elektromagnetisch durch Funk. Bevorzugt sind hierzu Funkübertragungsverfahren, die nach  
 20 dem Blue Tooth-Standard oder nach dem IEEE 802.11b-Standard oder nach dem HyperLAN-Standard arbeiten.

Gemäß einer weiteren Ausführungsform werden die Daten vor ihrer Übertragung durch die Sendeeinheit komprimiert und  
 25 nach ihrem Empfang durch die Empfängereinheit wieder entsprechend dekomprimiert. Hierdurch ist es möglich, auch große Datenmengen, wie beispielsweise Bilddaten, zufriedenstellend zu übertragen. Stark bevorzugt ist hierbei die Komprimierung nach einem Verfahren, welches im wesentlichen  
 30 lediglich Informationen im Bezug auf einen solchen Teil eines zu übertragenden Bildes überträgt, welches sich im Vergleich zu einem vorangehend bereits übertragenen Bild geändert hat. Ein Beispiel für ein solches Verfahren ist als MPEG4 bekannt, welches als weiteren Vorteil die Mög-  
 35 lichkeit der Ausnutzung eines im wesentlichen statischen Hintergrundes und eines dynamischen Vordergrundes bietet.

Ein solches Kompressionsverfahren ist nämlich bei Bildern, die durch ein Operationsmikroskop aufgenommen werden, typischerweise besonders effektiv, da sich die Szenerie eines Operationsfeldes in der Praxis nur sehr langsam ändert und auch dort nur an kleinen Stellen des Operationsfeldes, an denen der Chirurg mit seinen Werkzeugen Manipulationen vornimmt.

Besonders bevorzugte Ausführungsformen der Erfindung werden nachfolgend anhand von Zeichnungen näher erläutert. Hierbei zeigt

Figur 1 eine schematische Darstellung eines Operationsmikroskopiesystems,

Figur 2 eine schematische Teildarstellung eines weiteren Operationsmikroskopiesystems,

Figur 3 eine Teildarstellung noch eines weiteren Operationsmikroskopiesystems,

Figur 4 einen Schnitt entlang der Linie IV-IV in Figur 3,

Figur 5 eine schematische Teildarstellung eines weiteren Operationsmikroskopiesystems,

Figur 6,  
Figur 7,  
Figur 8,  
Figur 9 jeweils eine teilweise schematische Darstellung noch weiterer Operationsmikroskopiesysteme,

Figur 10 einen Teil eines Stativs mit einem Detail eines Daten- und Stromübertragungssystems, und



Figur 11 ein Funktionsdiagramm des Daten- und Stromübertragungssystems der Figur 10.

5 Figur 1 zeigt ein Mikroskopiesystem 1, welches ein Operationsmikroskop 3 und ein das Operationsmikroskop 3 haltendes Stativ 5 umfaßt.

Das Operationsmikroskop 3 bietet eine vergrößerte Darstellung eines Operationsfeldes 7 für einen Chirurgen, der das Operationsfeld 7 durch zwei Okulare 9 betrachten kann. Das Mikroskop 3 umfaßt ein symbolisch dargestelltes Objektiv 11 und zwei den Okularen 9 entsprechend zugeordnete und symbolisch dargestellte Zoomsysteme 13. Eine Kamera 15 ist vorgesehen, um ein Bild des Operationsfeldes 7 aufzunehmen, welches aus einem Strahlengang eines der Okulare mittels eines teildurchlässigen Spiegels 17 ausgekoppelt wird. In einem Strahlengang des anderen Okulars ist ein weiterer teildurchlässiger Spiegel 19 vorgesehen, allerdings zur Einkopplung eines durch eine LCD-Anzeige 21 dargestellten und von einem Computer 23 generierten Bildes, welches beispielsweise eine Zifferndarstellung von Meßwerten oder dergleichen umfassen kann, in den Strahlengang dieses Okulars, so daß der Chirurg in diesem Okular eine überlagerte Darstellung des Operationsfeldes 7 und des von der Anzeige 21 erzeugten Bildes wahrnimmt. Neben dem Objektiv 11 ist eine Beleuchtungseinrichtung 25 vorgesehen, um das Operationsfeld 7 zu beleuchten.

30 Das Stativ 5 umfaßt eine Stativbasis 27 zur Anordnung des Stativs 5 auf einem Boden 29 eines Operationssaales sowie mehrere Stativglieder 31, welche mittels Schwenkgelenken 33 aneinander angelenkt sind. Ein Ende der somit gebildeten Kette von Stativgliedern 31 ist über ein Schwenkgelenk 33 mit der Stativbasis 27 verbunden und an seinem anderen Ende mit noch einem weiteren Schwenkgelenk 33 mit dem Opera-

tionsmikroskop 3. Das Stativ 5 ist ein sogenanntes ausbalanciertes Stativ, das heißt durch die zu tragende Last, nämlich dem Operationsmikroskop 3, auf das Stativ 5 ausgeübte Kräfte, welche versuchen, die Stativglieder 31 und Schwenkgelenke 33 zu betätigen, werden durch die Mechanik des Stativs 5 derart kompensiert, daß das Mikroskop 3 im wesentlichen kräftefrei im Raum schwebt und durch Verschieben mit der Hand an eine weitere Stelle im Raum verlagerbar ist.

An einer Decke 35 des Operationssaales ist ein Mikrowellensender 37 vorgesehen, welcher einen Mikrowellenstrahl 39 hin zu dem Operationsmikroskop 3 emittiert, und zwar derart, daß er dort auf einen an dem Mikroskop 3 angebrachten Mikrowellenempfänger 41 trifft. Der Mikrowellenempfänger 41 wandelt die empfangenen Mikrowellen in elektrische Energie um und stellt an Anschlüssen 42 eine Betriebsspannung für die elektrisch betriebenen Komponenten des Operationsmikroskops 3 bereit. Diese elektrisch betriebenen Komponenten umfassen die Beleuchtungseinrichtung 25, die Kamera 15 und die Anzeige 21. Ferner wird von dem Mikrowellenempfänger 41 ein Sender/Empfänger 43 mit einer Sende/Empfangsantenne 44 gespeist. Der Sender/Empfänger 43 kommuniziert per Funk 45 mit einem entsprechenden Sender/Empfänger 47, welcher an der Decke 35 des Operationssaales vorgesehen ist. Die Funkstrecke 45 dient zur Übertragung der von der Kamera 15 aufgenommenen Bilder des Operationsfeldes 7 an den Rechner 23, welcher diese Bilder analysiert oder/und archiviert.

Ebenfalls möglich ist die Übertragung der Bilder an mehrere Mitbeobachter.

Ferner dient die Funkstrecke 45 zur Übertragung der von dem Rechner 23 generierten Daten, welche von der Anzeige 21 dargestellt werden. Ferner wird von dem Operationsmikroskop

3 über die Funkstrecke 45 ein Signal an den Rechner 23 übertragen, welches die von dem Mikrowellenempfänger 41 empfangene Mikrowellenleistung wiedergibt. In Abhängigkeit von diesem Signal wirkt der Rechner 23 auf einen Aktuator  
5 49 zur Verschwenkung des Mikrowellensenders 37 derart ein, daß die von dem Empfänger 41 empfangene Mikrowellenleistung im wesentlichen maximal ist.

Das in Figur 1 dargestellte Operationsmikroskopiesystem 1  
10 weist keine Leitungen auf, welche entlang der Stativglieder 31 hin zu dem Operationsmikroskop 3 geführt sind:

Das Licht zur Beleuchtung des Operationsfeldes 7 wird in der Beleuchtungseinrichtung 25 durch eine Lichtquelle 51,  
15 welche beispielsweise eine Halogenlampe oder eine Weißlicht-LED sein kann, unmittelbar an dem Operationsmikroskop 3 erzeugt, eine Zuführung des Lichts mittels herkömmlicher Lichtleiter ist entsprechend nicht notwendig; die zum Betrieb der elektrisch betriebenen Komponenten notwendige  
20 elektrische Energie wird dem Operationsmikroskop 3 über den Mikrowellenstrahl 39 zugeführt, eine herkömmliche Stromversorgungsleitung ist entsprechend nicht notwendig; die Datenübertragung von dem Operationsmikroskop 3 zu dem Rechner 23 und von dem Rechner 23 zu dem Mikroskop 3 erfolgt  
25 über eine Funkstrecke 45, herkömmliche Datenleitungen sind somit bei dem Operationsmikroskopiesystem 1 ebenfalls entfallen.

Die vorangehend genannte Weißlicht-LED kann beispielsweise  
30 als Baugruppe ausgeführt sein, welche mehrere separate LEDs umfaßt, welche jeweils Licht verschiedener Farben emittieren, welche nach einer geeigneten Lichtmischung in etwa weißes Licht ergeben. Ferner kann die Weißlicht-LED eine Baugruppe sein, welche eine Lichtquelle aufweist, die Licht  
35 einer bestimmten Wellenlänge oder eines bestimmten Wellenlängenbandes emittiert, welches wenigstens teilweise auf

einen Phosphor trifft, welcher dieses Licht in Licht eines anderen Wellenlängenbandes umwandelt, so daß eine geeignete Überlagerung der verschiedenen Lichtsorten wiederum in etwa weißes Licht ergibt. So kann beispielsweise die Lichtquelle  
 5 eine blaue Lichtquelle sein, deren Licht auf einen Phosphor trifft, der das blaue Licht in in etwa gelbes Licht umwandelt. Eine Mischung des blauen Lichts der Lichtquelle und des gelben Lichts des Phosphors ergibt dann in etwa weißes Licht, welches zur Beleuchtung des Operationsfeldes eingesetzt werden kann. Ebenso ist es möglich, daß die Licht-  
 10 quelle Licht aus einem ultravioletten Wellenlängenbereich erzeugt, welches auf einen geeigneten Phosphor trifft, der das ultraviolette Licht in sichtbares Licht mit einer solchen Wellenlängenverteilung umwandelt, so daß in etwa ein  
 15 weißer Farbeindruck entsteht. Hierzu kann der Phosphor eine Mischung aus mehreren Einzelphosphoren umfassen.

Nachfolgend werden Varianten des anhand der Figur 1 beschriebenen Operationsmikroskopiesystems erläutert. Hierin  
 20 sind Komponenten, die hinsichtlich ihres Aufbaus und ihrer Funktion Komponenten des Systems der Figur 1 entsprechen, mit den gleichen Bezugsziffern, zur Unterscheidung jedoch mit einem zusätzlichen Buchstaben versehen. Es wird darin auf die gesamte vorangehende Beschreibung Bezug genommen.  
 25 Dabei sind in den nachfolgenden Figuren lediglich Teile der Operationsmikroskopiesysteme dargestellt, soweit sie zur Erläuterung der unterschiedlichen Ansätze zur Vermeidung von Leitungen entlang der Stativglieder oder zur Reduzierung der von Leitungen erzeugten Restkräfte notwendig  
 30 sind.

Ein in Figur 2 teilweise dargestelltes Operationsmikroskopiesystem 1a umfaßt wiederum mehrere aneinander angelenkte Stativglieder 31a. Einer an dem von dem Stativ 5a getragenen Operationsmikroskop vorgesehenen Beleuchtungseinrichtung 25a zur Beleuchtung eines Operationsfeldes wird das  
 35

abzustrahlende Licht über eine Lichtleiteranordnung 61 zu-  
 geführt. Das Licht wird durch eine Halogenlampe 5a oder  
 eine Xenonlampe einer Strahlungsquelle 63 erzeugt, welche  
 an einer Stativbasis des Stativs 5 befestigt ist. Ein  
 5 Kollimator 65 koppelt das von der Lampe 51 emittierte Licht  
 in einen Lichtleiter 67 an einem Einkoppelende 68 desselben  
 ein. An seinem Einkoppelende 68 weist der Lichtleiter 67  
 einen runden Querschnitt auf und teilt sich dann auf in  
 zwei Teile 69 und 69' mit jeweils ebenfalls rundem Quer-  
 10 schnitt, allerdings im Vergleich zu dem Querschnitt am Ein-  
 koppelende halber Größe. Die beiden Lichtleiter 69, 69'  
 sind gemeinsam entlang der Stativglieder 31a bis hin zu dem  
 Operationsmikroskop geführt, indem sie an jeweiligen Be-  
 festigungsarten mittels Kabelbefestigern 71 oder der-  
 15 gleichen festgelegt sind. Diese sind an einem jeden Stativ-  
 glied 31a jeweils mit Abstand von einem Schwenkgelenk 33a  
 zur Verbindung zweier aneinander angelenkter Stativglieder  
 angeordnet. In dem Operationsmikroskop vereinigen sich die  
 beiden Lichtleiter 69, 69' wieder zu einem gemeinsamen  
 20 Lichtleiter, welcher an einem Austrittsende 73 der Licht-  
 leiteranordnung 61 wieder den gleichen runden Querschnitt  
 aufweist wie an dem Eintrittsende 68.

Das Austrittsende 73 ist in der Beleuchtungseinrichtung 25a  
 25 angeordnet, und das von dem Austrittsende 73 austretende  
 Licht wird durch eine Kollimationsoptik 75 geformt, um das  
 Operationsfeld 7a zu beleuchten.

Die Aufteilung des Lichtleiters zur Zuführung des Lichts zu  
 30 dem Operationsmikroskop in zwei Lichtleiter hat den Vor-  
 teil, daß die beiden Lichtleiter 69, 69' auf das Gelenk 33a  
 geringere Restkräfte ausüben als dies bei einem einzigen  
 Lichtleiter, welcher die gleiche Querschnittsfläche auf-  
 weist wie die beiden Lichtleiter 69, 69' zusammen, der Fall  
 35 wäre.

Die Lampe 51a erzeugt neben dem für die Ausleuchtung des Operationsfeldes 7a mit weißem Licht notwendigen Licht noch Licht, welches nahe am Rand oder außerhalb des sichtbaren Spektrums liegt. Im Strahlengang zwischen dem Austritts-  
 5 73 der Lichtleiteranordnung 61 und der Kollimationsoptik 75 ist ein teildurchlässiger Spiegel 77 angeordnet, welcher Licht aus einem Zentralbereich des sichtbaren Spektrums im wesentlichen passieren läßt und Licht, welches hinsichtlich seiner Wellenlänge unterhalb oder/und oberhalb dieses Zen-  
 10 tralbereichs liegt, wenigstens teilweise reflektiert. Das reflektierte Licht trifft auf eine Photozelle 79, welche die Lichtenergie in elektrische Energie umwandelt und an Anschlüssen 42a eine Versorgungsspannung für elektrisch betriebene Komponenten des Operationsmikroskops bereit-  
 15 stellt. Hierdurch wird die zum Betrieb dieser Komponenten notwendige elektrische Energie unmittelbar an dem Operationsmikroskop erzeugt und muß nicht über Stromleitungen zugeführt werden, welche entlang der Stativglieder 31a zu führen sind.

20

In den Figuren 3 und 4 ist eine Beleuchtungseinrichtung 25b schematisch gezeigt. Diese umfaßt als Strahlungsquelle drei Leuchtdioden 51b, von denen die erste rotes Licht, die zweite gelbes Licht und die dritte blaues Licht emittiert.  
 25 Das von den Leuchtdioden 51b jeweils emittierte Licht wird in einen Lichtmischer 81 in Form eines Plexiglasringes 81 an Einkoppelstellen 83 eingekoppelt. Nach ihrer Einkopplung in den Plexiglasring 81 erfahren die Lichtstrahlen an der Oberfläche des Ringes 81 jeweils Totalreflexion und werden  
 30 hierdurch in Umfangsrichtung um den Ring 81 verteilt und gleichzeitig hinsichtlich der Farben vermischt. Wie aus der Querschnittsdarstellung gemäß Figur 4 ersichtlich ist, weist der Ring 81 einen weitgehend runden Querschnitt auf, an dem jedoch ein Fortsatz mit einer planen Lichtaustritts-  
 35 fläche 85 vorgesehen ist, durch welche Lichtstrahlen mit einem ausreichend großen Auftreffwinkel auf die Fläche 85

austreten können und in Richtung hin zu dem Operationsfeld abgestrahlt werden. Der Ring ist radial außerhalb eines Objekts 11b angeordnet.

5 Die Bereitstellung des für die Beleuchtung des Operationsfeldes notwendigen Lichts mittels Leuchtdioden hat den Vorteil, daß diese das Licht der jeweiligen Farbe oder Weißlicht mit einem relativ guten Wirkungsgrad erzeugen können und somit relativ wenig elektrische Energie hierzu benötigen.  
 10 tigen. Somit kann ein herkömmlicherweise zur Zuführung des Lichts zum Operationsmikroskop vorgesehener Lichtleiter entfallen. Die elektrische Energie zum Betrieb der Leuchtdioden 51b kann dem Operationsmikroskop durch entweder ohnehin vorgesehene Stromleitungen zugeführt werden. Es  
 15 kann auf diese Stromleitungen aber ebenfalls dann verzichtet werden, wenn die Energie zum Operationsmikroskop drahtlos übertragen wird wie dies anhand der Figur 1 bereits erläutert wurde.

20 Ferner eröffnet die Lichterzeugung durch Leuchtdioden an dem Mikroskop selbst die Möglichkeit zur Energieversorgung eine chemoelektrische Zelle einzusetzen, welche an dem Operationsmikroskop selbst montiert ist, wie dies nachfolgend anhand von Figur 5 erläutert wird.

25 Darin weist ein Operationsmikroskop 3c eine Beleuchtungseinrichtung 25c auf, welche als Strahlungsquelle 51c eine Leuchtdiode umfaßt, welche ultraviolette Licht emittiert. Dieses trifft auf einen Fluoreszenzschirm 91 und wird von  
 30 diesem in sichtbares Licht umgewandelt, welches eine solche spektrale Zusammensetzung aufweist, daß es als relativ gutes Weißlicht empfunden wird. Von einem Kollimator 75c wird das von dem Fluoreszenzschirm 91 erzeugte Licht kollimiert und hin zu einem Operationsfeld 7c abgestrahlt.

Die Leuchtdiode 51c wird von zwei elektrisch parallel geschalteten Brennstoffzellen 93 gespeist, welche an einem Mikroskopgehäuse 94 außen jeweils mittels Zellenhalterungen 95 befestigt sind. Die Brennstoffzellen 93 sind hierbei jeweils von dem Gehäuse entfernbar und greifen, wenn sie an den Halterungen 95 montiert sind, in Kontakte 96 ein, so daß sie ihre erzeugte elektrische Energie an die Stromversorgung des Operationsmikroskops übertragen können und damit, neben weiteren stromverbrauchenden Komponenten des Mikroskops, auch die Leuchtdiode 51c speisen.

Eine der Zellen 96 kann, wenn sie erschöpft ist, von dem Mikroskop entfernt und durch eine frisch geladene Zelle ersetzt werden, während die andere Zelle die Energieversorgung des Mikroskops sicherstellt.

Alternativ zu den vorangehend beschriebenen Brennstoffzellen können auch andere chemoelektrische Zellen, wie beispielsweise NiCd-Akkumulatoren oder Nickel-Metall-Hydrid-Akkumulatoren zum Einsatz kommen.

In Figur 6 ist eine weitere Möglichkeit zur Realisierung einer Datenübertragung hin zu oder weg von einem Operationsmikroskop erläutert.

Hierbei umfaßt ein Stativ 5d wiederum mehrere Stativglieder 31d, welche mittels Gelenken 33d um zugehörige Schwenkachsen 34 verschwenkbar aneinander angelenkt sind. Die Daten werden in den Stativgliedern 31d über Leitungen übertragen, um jedoch die Daten von einem Stativglied zu dem an dieses angelenkten nächsten Stativglied zu übertragen, ist eine Übertragung mittels Optokoppler 101 vorgesehen, welche derart an dem Gelenk 33d angeordnet sind, daß eine Lichtstrecke 103 zwischen den beiden Optokopplern 101 im wesentlichen auf der Schwenkachse 34 angeordnet ist. Hierdurch sind keine Datenübertragungsleitungen vorzusehen, welche



das Gelenk 33d zwischen den Gliedern 31d überbrücken, und entsprechend entstehen hierbei auch keine durch Datenübertragungsleitungen erzeugten Restkräfte auf die Stativglieder 39d.

5

In Figur 7 ist eine weitere Variante zur Datenübertragung dargestellt, welche der in Figur 6 gezeigten Ausführungsform ähnelt.

10

Allerdings werden hier Hohlleiter 109 innerhalb von Stativgliedern verwendet. Die zu übertragenden Daten werden elektromagnetischen Wellen aufmoduliert, welche von den Hohlleitern 109 geführt werden. In einem Gelenkbereich 33e zwischen aneinander angelenkten Stativgliedern erstrecken sich die Hohlleiter 109 auf einer Schwenkachse 34e des Gelenks 33e aufeinander soweit zu, daß zwischen diesen lediglich ein ausreichend kleiner Spalt a verbleibt, so daß die elektromagnetischen Wellen ohne allzu große Verluste von dem einen Hohlleiter 109 in den anderen übertreten.

20

Eine weitere Variante zum Ersatz eines ein Gelenk zwischen zwei Stativgliedern überbrückenden elektrischen Kabels, sei es zur Datenübertragung oder zur Energieversorgung des Operationsmikroskops, ist schematisch in Figur 8 dargestellt.

25

Innerhalb der Stativglieder 31f sind Drähte 105f verlegt. Allerdings verlaufen diese nicht kontinuierlich von einem Stativglied 31f zum nächsten. Vielmehr ist eine Schleifringanordnung 111 vorgesehen, welche eine an nur einem Stativglied 31f derart befestigte kreisförmige Kontaktschiene 113 aufweist, daß deren Kreismittelpunkt mit einer Schwenkachse 34f des Gelenks 33f zusammenfällt. An dem anderen Stativglied 31f ist ein Schleifkontakt 115 mittels einer Andruckfeder 117 in Eingriff gebracht, so daß zwischen dem Schleifkontakt 115 und der Kontaktschiene 113 ein zuverlässiger Kontakt besteht. Der Schleifkontakt 115

35

und die Kontaktschiene 113 sind dann elektrisch mit den in den jeweiligen Stativgliedern 31f verlegten Drähten 105f verbunden.

5 An Gelenken zwischen benachbarten Stativgliedern können auch mehrere derartiger Schleifringanordnungen vorgesehen sein, um für mehrere Drähte eine restkraftfreie Strom- bzw. Spannungsübertragung zu ermöglichen.

10 Hierbei ist es auch vorgesehen, einen Strompfad, der beispielsweise auf Massepotential liegt, zur Strom- oder Datenübertragung durch die aus Metall ausgeführten tragenden Komponenten der Stativglieder 31f bereitzustellen. In dem Gelenk 33f stellen die Gelenkachsen und Lager für die-  
 15 selben, da sie in unmittelbarem mechanischen Eingriff miteinander stehen, auch einen ausreichenden elektrischen Kontakt zur Strom- oder/und Datenübertragung bereit.

Die Figuren 10 und 11 erläutern eine weitere Variante zur  
 20 Übertragung von elektrischer Leistung und Daten zwischen aneinander angelenkten Stativgliedern.

Figur 10 zeigt eine perspektivische aufgeschnittene Detaildarstellung von zwei Stativgliedern 31h, welche um eine  
 25 Schwenkachse 34h verschwenkbar aneinander angelenkt sind. Entlang den Stativgliedern 31h sind eine Stromleitung 105h<sub>1</sub> und eine Datenleitung 105h<sub>2</sub> verlegt. Zur Übertragung des Stroms bzw. der Daten über das Gelenk hinweg, umfaßt ein jedes der beiden Stativglieder 31h, eine bezüglich der  
 30 Schwenkachse 34h konzentrische Wicklung 131, die mit der jeweiligen Stromleitung 105h<sub>1</sub> verbunden ist, und eine zur Schwenkachse 34h konzentrische Flachantenne 133, welche mit der Datenleitung 105h<sub>2</sub> gekoppelt ist.

35 Die Flachantennen 133 übertragen die Daten berührungslos zwischen den Stativgliedern 31h und die Wicklungen 131

übertragen die elektrische Leistung induktiv zwischen den Stativgliedern 31h. Hierdurch ist eine leistungsfähige Übertragung von elektrischer Leistung und Daten zwischen den beiden Stativgliedern 31h realisiert, ohne daß eine  
 5 Führung einer entsprechenden Leitung von einem Stativglied zum anderen nötig wäre.

Figur 11 zeigt ein Detailschaltbild der Übertragung von elektrischer Leistung und Daten zwischen den beiden Stativ-  
 10 gliedern 31h der Figur 10. Auf Seiten des einen Stativglieds 31h ist ein Inverter 135 angeordnet, welchem elektrische Leistung als Gleichstrom zugeführt wird und der die elektrische Leistung in einen Wechselstrom umwandelt, welcher der Wicklung 131 des Stativglieds 31h zugeführt  
 15 wird. Die Wicklung 131 des anderen Stativglieds empfängt die elektrische Leistung und führt diese als Wechselstrom einem Konverter 137 zu, der diese wiederum in Gleichspannung umwandelt.

20 Die Übertragung der Daten über die Antennen 133 ist bidirektional, indem an einem jeden der beiden Stativglieder ein Datenmodulator 139 vorgesehen ist, dem die zu übertragenden Daten digital zugeführt werden, und der diese in eine zur Übertragung über die Antennen 133 geeignete  
 25 Wechselspannung umwandelt. Entsprechend ist an einem jeden der Stativglieder 31h ein korrespondierender Demodulator 141 vorgesehen, welcher die von der entsprechenden Antenne 133 empfangene Wechselspannung wieder in entsprechende digitale Daten umwandelt.

30 Hierbei ist es auch möglich, die elektrische Leistung und die Daten über eine Kette von mehreren Gelenken zu übertragen, wobei dann Inverter bzw. Konverter und Modulator bzw. Demodulator lediglich an den Enden der Kette aus  
 35 Stativgliedern vorgesehen sein können, und über die Leitungen entlang der Stativglieder innerhalb der Kette die

Antennen 133 bzw. die Wicklungen 131 durch geeignete Hochspannungsleitungen verbunden sind.

Das System aus Inverter 135, Konverter 137, Modulator 139, Demodulator 141, Wicklungen 131 und Antennen 133 kann unter dem Produktnamen "COMBITRANS" über die Firma SCHLEIFRING und APPARATEBAU GmbH, Am Hardtanger 10, 82256 Fürstenfeldbruck bezogen werden.

Figur 9 erläutert eine Möglichkeit, um einem Operationsmikroskopiesystem 1g elektrische Energie von außerhalb zuzuführen, ohne hierzu elektrische Leitungen auf einem Boden 29g eines Operationssaales führen zu müssen.

Hierzu umfaßt der Boden 29g ein Feld von rechteckigen aneinander angrenzenden Bodenplatten 121, wobei in einer jeden der Bodenplatten 121 eine Induktionsspule 123 angeordnet ist (in Figur 9 für lediglich zwei Bodenplattenecken exemplarisch dargestellt). Den Induktionsspulen 123 wird jeweils ein elektrischer Wechselstrom über Versorgungsleitungen 125 zugeführt, an welche jeweils mehrere Induktionsspulen 123 elektrisch parallel angeschlossen sind.

In einer Stativbasis 27g eines Stativs 5g des Operationsmikroskopiesystems 1g ist eine weitere, den Induktionsspulen 123 korrespondierende Induktionsspule 127 vorgesehen, in welche dann elektrische Energie eingekoppelt wird, wenn die Stativbasis 27g im Bereich einer der Induktionsspulen 123 der Bodenplatten 121 angeordnet ist.

Die in die Induktionsspule 127 des Stativs 5g eingekoppelte elektrische Energie wird entlang der Stativglieder 31g mittels zweier voneinander separater, das heißt nicht aneinander gebundene Drähte 105g geführt, welche als "twisted wire pair" ausgestaltet sind. An den Stativgliedern 31g ist das Drahtpaar 105g durch Gurtbänder 71g festgelegt, welche mit

Abstand von Gelenken 33g des Stativs 5g angeordnet sind. Derartige lose miteinander verdrehte Drähte 105g stellen Verschwenkungen der Gelenke 33g im Vergleich zu miteinander verbundenen Drähten relativ geringe Restkräfte entgegen.

5

Derartige miteinander verdrehte Drahtpaare oder mehrere miteinander verdrehte Drähte können nicht nur zur Stromübertragung zum Zwecke der Energieversorgung des Operationsmikroskops sondern auch zur Datenübertragung zu dem  
10 Mikroskop hin oder von diesem weg eingesetzt werden.

Obwohl dies in Figur 9 nicht dargestellt ist, ist es auch möglich, jeweils selektiv lediglich diejenigen Induktions-  
spulen 123 in den Bodenplatten 121 mit Wechselstrom zu  
15 speisen, in deren Nähe die Stativbasis 27g angeordnet ist.

In Figur 1 ist in gestrichelten Linien noch als eine Variante für eine Stromversorgung eines Operationsmikroskops mit Stativ eine Batterie 118 eingetragen, welche im Fuß des  
20 Stativs angeordnet ist. Diese dient zur Versorgung des Stativs und des Operationsmikroskops mit Betriebsenergie. Die Batterie kann eine wiederaufladbare Batterie sein. Zum Aufladen der Batterie wird dieser dann Energie über ein Kabel zugeführt, welches an das Stativ anschließbar ist. Während  
25 des Betriebs ist allerdings kein Stromversorgungskabel nötig, welches über den Boden des Operationssaals geführt werden muß, um dem Operationsmikroskop Energie zuzuführen.

Ferner ist es möglich, daß die Batterie 118 aus dem Fuß des  
30 Stativs entnehmbar ist, so daß eine weitgehend entladene Batterie ausgetauscht werden kann. Hierbei sind dann insbesondere zwei Batterien 118 vorgesehen, um den Betrieb des Mikroskops während des Austauschs einer der Batterien aufrechtzuerhalten.

35

Die anhand der Figuren 3 und 4 beschriebene Möglichkeit der Mischung von Licht verschiedener Farben hat einen unabhängigen Erfindungscharakter und ist nicht auf das Mikroskopiesystem mit Stativ beschränkt. Vielmehr kann die Lichtmischung bei einem Operationsmikroskop jeglicher Art eingesetzt werden. Demgemäß umfaßt ein erfindungsgemäßes Operationsmikroskop ein Objektiv, um Licht von einem Objektfeld zu empfangen und hieraus ein vergrößertes Bild des Objektfeldes zu erzeugen, und mehrere Lichtquellen, welche jeweils Licht voneinander verschiedener Farben erzeugen, welches zur Beleuchtung des Objektfeldes eingesetzt wird. Insbesondere ist ein Lichtmischer vorgesehen. Der Lichtmischer umgibt insbesondere das Objektiv wenigstens teilweise. Der Lichtmischer kann ein Lichtleiter sein, in den das Licht der verschiedenen Farben eingekoppelt wird. Insbesondere strahlt der Lichtleiter das Licht entlang einer Längsseite desselben hin zu der Objektebene ab. Insbesondere ist der Lichtleiter ein ringförmig geschlossener Lichtleiter.

Zusammenfassend geht die Erfindung aus von einem Operationsmikroskopiesystem 1, umfassend ein Operationsmikroskop 3 und ein Stativ 5 mit einer Stativbasis 27 und mehreren aneinander angelenkten Stativgliedern 31, von denen eines das Operationsmikroskop trägt, wobei aneinander gekoppelte Stativglieder derart relativ zueinander verlagerbar sind, daß das Operationsmikroskop relativ zu der Stativbasis verlagerbar ist, und wobei eine herkömmliche entlang von Stativgliedern geführte Leitung ersetzt ist durch zwei oder mehrere ihre Funktion gemeinsam erfüllende Leitungen.

Ferner ist vorgesehen, Daten oder/und Energie zu dem Operationsmikroskop drahtlos 39, 45 zu übertragen.

Carl Zeiss  
Z8917-DE-1 FS/OC

5

### Patentansprüche

1. Operationsmikroskopiesystem, umfassend:

10

ein Operationsmikroskop und ein Stativ mit einer Stativbasis und mehreren aneinander angelenkten Stativgliedern, von denen eines das Operationsmikroskop trägt,

15

wobei aneinander gekoppelte Stativglieder derart relativ zueinander verlagerbar sind, daß das Operationsmikroskop relativ zu der Stativbasis verlagerbar ist, und

20

wobei eine herkömmliche entlang von Stativgliedern geführte Leitung ersetzt ist durch zwei oder mehrere ihre Funktion gemeinsam erfüllende Leitungen.

2. Operationsmikroskopiesystem, insbesondere gemäß Anspruch 1, umfassend:

25

ein Operationsmikroskop und ein Stativ (5a) mit einer Stativbasis und mehreren aneinander angelenkten Stativgliedern (31a), von denen eines das Operationsmikroskop trägt,

30

wobei aneinander angelenkte Stativglieder (31a) derart relativ zueinander verlagerbar sind, daß das Operationsmikroskop relativ zu der Stativbasis verlagerbar ist,

35

wobei an dem Operationsmikroskop ein Lichtemitter (25a) zum Beleuchten eines Operationsfeldes vorgesehen ist,

dadurch gekennzeichnet, daß ein Lichtleitersystem (61) vorgesehen ist, um den Lichtemitter (25a) mit Licht zu versorgen,

5 wobei das Lichtleitersystem (61) wenigstens zwei voneinander separate und das Licht gemeinsam führende und von wenigstens einem Paar aneinander angelenkter Stativglieder (31a) getragene flexible Lichtleiter (69, 69') umfaßt, welche jeweils an einem ersten Befestigungsort (71) an einem ersten Stativglied (31a) des Paares und an einem mit Abstand von dem ersten Befestigungsort (71) angeordneten zweiten Befestigungsort (71) an einem zweiten Stativglied (31a) des Paares befestigt sind.

15 3. Operationsmikroskopiesystem nach Anspruch 2 oder dem Oberbegriff von Anspruch 2, wobei der Lichtemitter wenigstens ein an dem Operationsmikroskop gehaltenes lichterzeugendes Halbleiterbauelement (51b, 51c) oder/und ein organisches Bauelement, wie etwa eine organische Leuchtdiode (OLED), oder/und ein lichtemittierendes Polymer (LEP) umfaßt.

25 4. Operationsmikroskopiesystem nach Anspruch 3, wobei zur Erzeugung von Strom zur Speisung des Halbleiterbauelementes (51c) wenigstens eine an dem Operationsmikroskop (3c) gehaltene chemoelektrische Zelle (93) vorgesehen ist.

30 5. Operationsmikroskopiesystem nach Anspruch 4, wobei wenigstens ein Paar von chemoelektrischen Zellen (93) vorgesehen ist, welche unabhängig voneinander von dem Operationsmikroskop (3c) lösbar sind.



6. Operationsmikroskopiesystem nach einem der Ansprüche 4 oder 5, wobei die elektrochemische Zelle eine Brennstoffzelle (93) umfaßt.
- 5 7. Operationsmikroskopiesystem nach einem der Ansprüche 3 bis 5, wobei wenigstens zwei Licht aus jeweils verschiedenen Wellenlängenbereichen erzeugende Halbleiterbauelemente (51b) vorgesehen sind.
- 10 8. Operationsmikroskopiesystem nach Anspruch 7, wobei der Lichtemitter einen Lichtmischer (81) umfaßt, um von den wenigstens zwei Halbleiterbauelementen (51b) erzeugtes Licht vor seiner Abstrahlung mehrmals zu reflektieren.
- 15 9. Operationsmikroskopiesystem nach Anspruch 8, wobei der Lichtmischer einen um ein Objektiv (11b) des Operationsmikroskops wenigstens teilweise herum angeordneten Lichtleiter (81) umfaßt, und wobei das Licht zur Beleuchtung des Operationsfeldes von dem Lichtleiter abgestrahlt wird.
- 20 10. Operationsmikroskopiesystem nach einem der Ansprüche 2 bis 9 oder dem Oberbegriff von Anspruch 2, wobei zur Erzeugung von elektrischem Strom für einen Betrieb des Operationsmikroskops eine derart angeordnete Photozelle (79) vorgesehen ist, daß auf diese ein Teil des von dem Lichtemitter (25a) abgestrahlten Lichts oder dem Lichtemitter (25a) zur Abstrahlung zugeführten Lichts trifft.
- 25 11. Operationsmikroskopiesystem nach Anspruch 10, wobei ein Strahlteiler (77) vorgesehen ist, um aus dem dem Lichtemitter (25a) zugeführten Licht einen der Photozelle (79) zugeführten Teil auszukoppeln.

12. Operationsmikroskopiesystem nach Anspruch 11, wobei der Strahlteiler (77) im wesentlichen lediglich in einem Teil eines Wellenlängenbereiches des zugeführten Lichts wirksam ist.

5

13. Operationsmikroskopiesystem, insbesondere nach einem der Ansprüche 2 bis 12, umfassend:

10

ein Operationsmikroskop und ein Stativ (5g) mit einer Stativbasis und mehreren aneinander angelenkten Stativgliedern (31g), von denen eines das Operationsmikroskop trägt,

15

wobei aneinander angelenkte Stativglieder (31g) derart relativ zueinander verlagerbar sind, daß das Operationsmikroskop relativ zu der Stativbasis verlagerbar ist,

20

wobei an dem Operationsmikroskop ein mit elektrischem Strom betriebenes Gerät vorgesehen ist und das Operationsmikroskopiesystem ein Stromversorgungssystem für das Gerät umfaßt, dadurch gekennzeichnet, daß das Stromversorgungssystem zur Hinleitung des Stromes und zur Rückleitung des Stromes jeweils einen elektrisch isolierten Draht (105g) umfaßt, welche jeweils an einem ersten Befestigungsort (71g) an einem ersten Stativglied (31g) des Paares und an einem mit Abstand von dem ersten Befestigungsort (71g) angeordneten zweiten Befestigungsort (71g) an einem zweiten Stativglied (31g) des Paares befestigt sind.

25

30

14. Operationsmikroskopiesystem nach Anspruch 13, wobei das Paar Drähte (105g) ein "twisted pair" von Drähten ist.

15. Operationsmikroskopiesystem nach einem der Ansprüche 13 oder 14 oder dem Oberbegriff von Anspruch 13, wobei das Stromversorgungssystem umfaßt:

5       einen Wechselstromgenerator (135),

einen von dem Wechselstromgenerator (135) gespeisten Induktionssender (131), der an einem ersten der Stativglieder (31h) angebracht ist, und

10

einen Induktionsempfänger (131), der an einem an dem ersten Stativglied (31h) angelenkten zweiten Stativglied (31h) derart angebracht ist, daß er dem Induktionssender gegenüberliegt und relativ zu diesem verlagerbar ist, wobei der Induktionsempfänger das mit elektrischem Strom betriebene Gerät speist.

15

16. Operationsmikroskopiesystem nach einem der Ansprüche 13 bis 15 oder dem Oberbegriff von Anspruch 13, wobei das Stromversorgungssystem an einem ersten der Stativglieder (31f) eine Kontaktschiene (113) und an einem an dem ersten Stativglied (31f) angelenkten zweiten Stativglied (31f) einen an der Kontaktschiene (113) anliegenden Schleifkontakt (115) aufweist.

20

25

17. Operationsmikroskopiesystem nach einem der Ansprüche 13 bis 16 oder dem Oberbegriff von Anspruch 13, wobei das Stromversorgungssystem in einem Stromzuführungspfad oder/und einem Stromabführungspfad eine mechanisch tragende Komponente eines Stativglieds (31f) umfaßt.

30

18. Operationsmikroskopiesystem nach einem der Ansprüche 13 bis 17 oder dem Oberbegriff von Anspruch 13, wobei das Stromversorgungssystem (1) einen entfernt von dem Operationsmikroskop (3) angeordneten Strahlungssender (37) und einen an dem Operationsmikroskop (3) oder

35

einem der Stativglieder (31) angebrachten Strahlungsempfänger (41) zum Empfang von von dem Strahlungssender (37) emittierter Strahlung (39) und Umwandlung derselben in elektrischen Strom umfaßt.

5

19. Operationsmikroskopiesystem nach Anspruch 18, wobei der Strahlungssender ein Richtsender (37) ist und eine Steuerung (23, 49) vorgesehen ist, um eine Emissionsrichtung des Richtsenders (37) in Abhängigkeit von einer Position des Strahlungsempfängers (41) einzustellen.

10

20. Operationsmikroskopiesystem nach Anspruch 19, wobei die Strahlung (39) eine Infrarotstrahlung oder/und eine Mikrowellenstrahlung oder/und eine Laserstrahlung umfaßt.

15

21. Operationsmikroskopiesystem nach einem der Ansprüche 13 bis 20, wobei das Stromversorgungssystem eine in der Stativbasis vorgesehene chemoelektrische Zelle umfaßt.

20

22. Operationsmikroskopiesystem nach einem der Ansprüche 13 bis 21, wobei die Stativbasis (27g) zur Anordnung auf einem Boden (29g) eines Raumes vorgesehen ist und einen Induktionsempfänger (127) zur Zusammenwirkung mit wenigstens einem an dem Raumboden (29g) vorgesehenen Induktionssender (123) aufweist.

25

23. Operationsmikroskopiesystem, insbesondere nach einem der Ansprüche 2 bis 22, umfassend:

30

ein Operationsmikroskop und ein Stativ (5g) mit einer Stativbasis (27g) und mehreren aneinander angelenkten Stativgliedern (31g), von denen eines das Operationsmikroskop trägt,

35

wobei das Operationsmikroskop eine Datenaufnahmevorrichtung oder/und eine Datenanzeigevorrichtung aufweist und das Operationsmikroskopiesystem ein Datenübertragungssystem umfaßt, dadurch gekennzeichnet, daß das  
 5 Datenübertragungssystem zur Übertragung der Daten wenigstens ein Paar von jeweils elektrisch isolierten Drähten (105g) umfaßt, welche jeweils an einem ersten Befestigungsort (71g) an einem ersten Stativglied (31g) des Paares und an einem mit Abstand von dem ersten Befestigungsort (71g) angeordneten zweiten Befestigungsort (71g) an einem zweiten Stativglied (31g)  
 10 des Paares befestigt sind.

24. Operationsmikroskopiesystem nach Anspruch 23, wobei das  
 15 Paar Drähte (105g) ein "twisted pair" von Drähten ist.

25. Operationsmikroskopiesystem nach einem der Ansprüche 23 oder 24 oder dem Oberbegriff von Anspruch 22, wobei das Datenübertragungssystem umfaßt:

20 einen Datenmodulator (139),

einen von dem Datenmodulator (139) gespeisten Induktionssender (133), der an einem ersten der Stativglieder (31h) angebracht ist,  
 25

einen Induktionsempfänger (133), der an einem an dem ersten Stativglied (31h) angelenkten zweiten Stativglied (31h) derart angebracht ist, daß er dem  
 30 Induktionssender gegenüberliegt und relativ zu diesem verlagerbar ist, und

einen mit dem Induktionsempfänger gekoppelten Datendemodulator (141).

26. Operationsmikroskopiesystem nach Anspruch 25, wobei der Datendemodulator (141) mit der Datenanzeigevorrichtung gekoppelt ist.
- 5 27. Operationsmikroskopiesystem nach Anspruch 25 oder 26, wobei der Datenmodulator (139) mit der Datenaufnahmevorrichtung gekoppelt ist.
- 10 28. Operationsmikroskopiesystem nach einem der Ansprüche 23 bis 27 oder dem Oberbegriff von Anspruch 23, wobei das Datenübertragungssystem an einem ersten der Stativglieder (31f) eine Kontaktschiene (113) und an einem an dem ersten Stativglied (31f) angelenkten zweiten Stativglied (31f) einen an der Kontaktschiene (113) an-  
15 liegenden Schleifkontakt (115) aufweist.
29. Operationsmikroskopiesystem nach einem der Ansprüche 23 bis 28, wobei das Datenübertragungssystem in einem Strompfad eine mechanische tragende Komponente eines  
20 Stativglieds (31f) umfaßt.
30. Operationsmikroskopiesystem nach einem der Ansprüche 23 bis 29 in Verbindung mit einem der Ansprüche 13 bis 17, wobei wenigstens einer der Drähte zur Datenübertragung und zur Stromversorgung vorgesehen ist.  
25
31. Operationsmikroskopiesystem nach einem der Ansprüche 23 bis 30 oder dem Oberbegriff von Anspruch 23, wobei das Datenübertragungssystem einen Lichtleiter (69) umfaßt.  
30
32. Operationsmikroskopiesystem nach einem der Ansprüche 23 bis 31 oder dem Oberbegriff von Anspruch 23, wobei das Datenübertragungssystem eine von einem ersten Stativglied in ein an das erste Stativglied angelenktes zweites Stativglied übergehende Hohlleiteranordnung (109)  
35 zur Führung von elektromagnetischen Wellen umfaßt.

33. Operationsmikroskopiesystem nach einem der Ansprüche 23 bis 32 oder dem Oberbegriff von Anspruch 23, wobei das Datenübertragungssystem einen zwischen zwei aneinander gelenkten Stativgliedern (31d) vorgesehenen Optokoppler (101) umfaßt.
34. Operationsmikroskopiesystem nach einem der Ansprüche 23 bis 33 oder dem Oberbegriff des Anspruchs 23, wobei das Datenübertragungssystem eine an dem Operationsmikroskop (3) angeordnete Empfänger- oder/und Sendeeinheit (43, 47) und eine entfernt von dem Operationsmikroskop (3) angeordnete Sender- bzw. Empfängereinheit (47) aufweist, und wobei die Daten zwischen der Sendeeinheit (47, 44) und der entsprechenden Empfängereinheit (44, 47) elektromagnetisch übertragen werden.
35. Operationsmikroskopiesystem nach einem der Ansprüche 23 bis 34 oder dem Oberbegriff von Anspruch 23, wobei das Datenübertragungssystem einen Datenkomprimierer zur Komprimierung der von dem Datenaufnahmesystem (15) aufgenommenen Daten oder/und einen Datendekomprimierer zur Dekomprimierung der von der Datenanzeigevorrichtung (21) anzuzeigenden Daten umfaßt.
36. Operationsmikroskopiesystem nach Anspruch 35, wobei die zu übertragenden Daten Bilddaten umfassen und der Datenkomprimierer bzw. Datendekomprimierer nach einem MPEG4-Verfahren arbeitet.

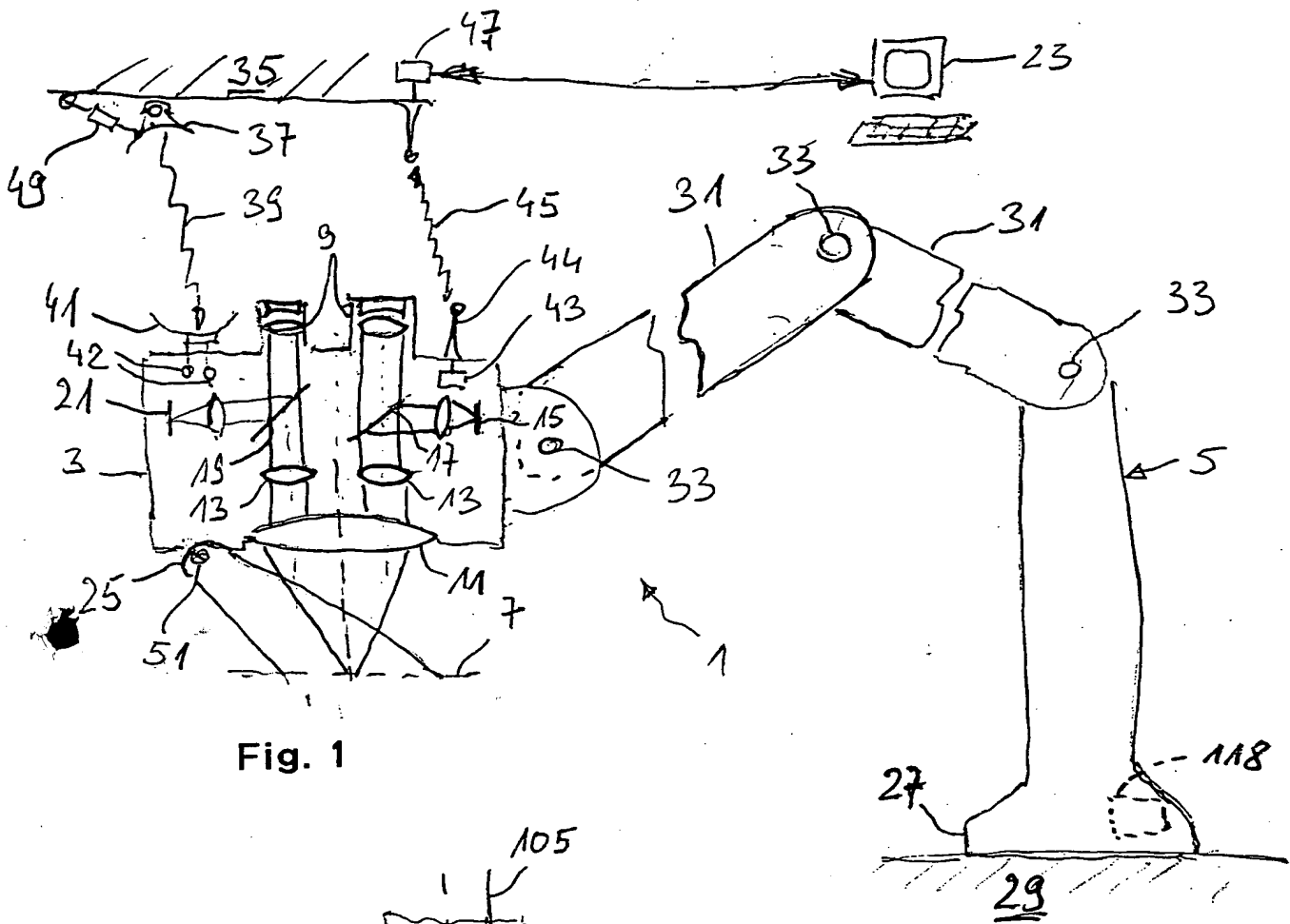


Fig. 1

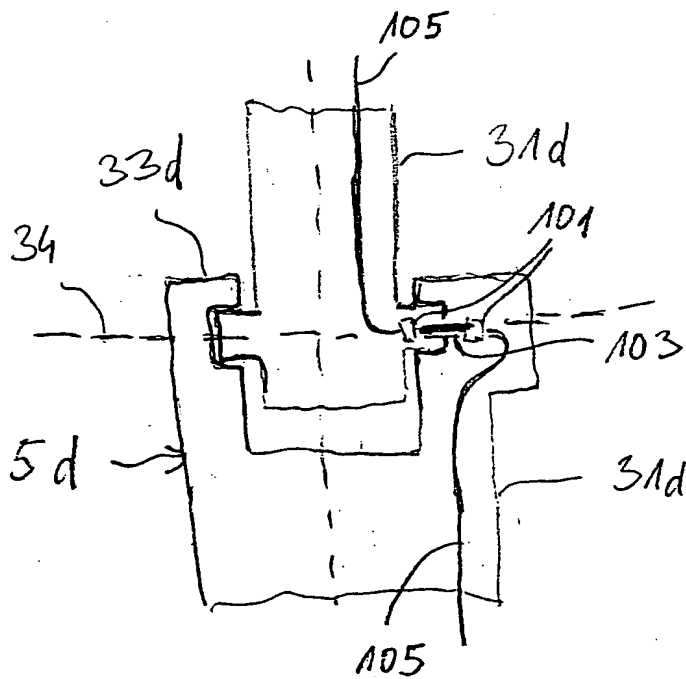


Fig. 6

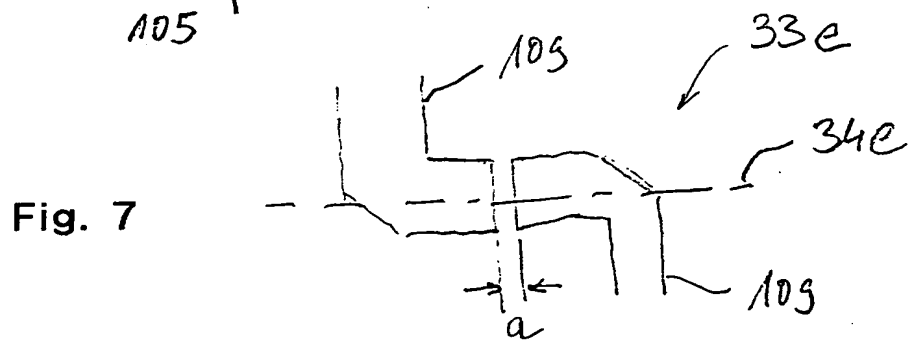
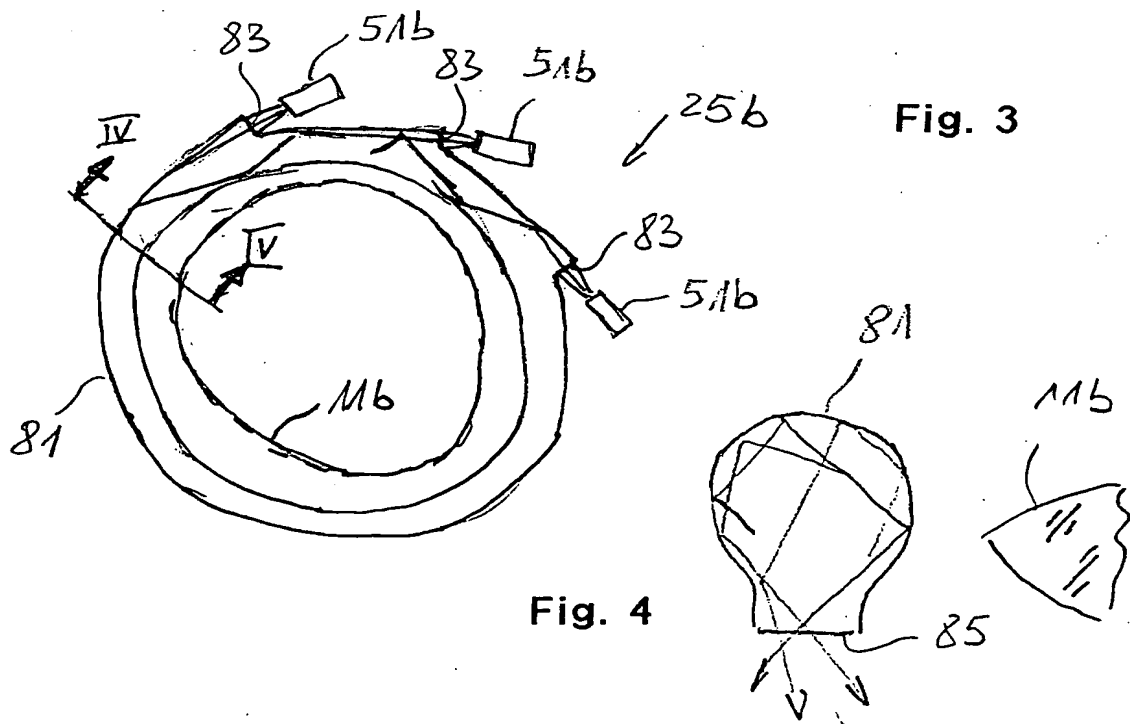
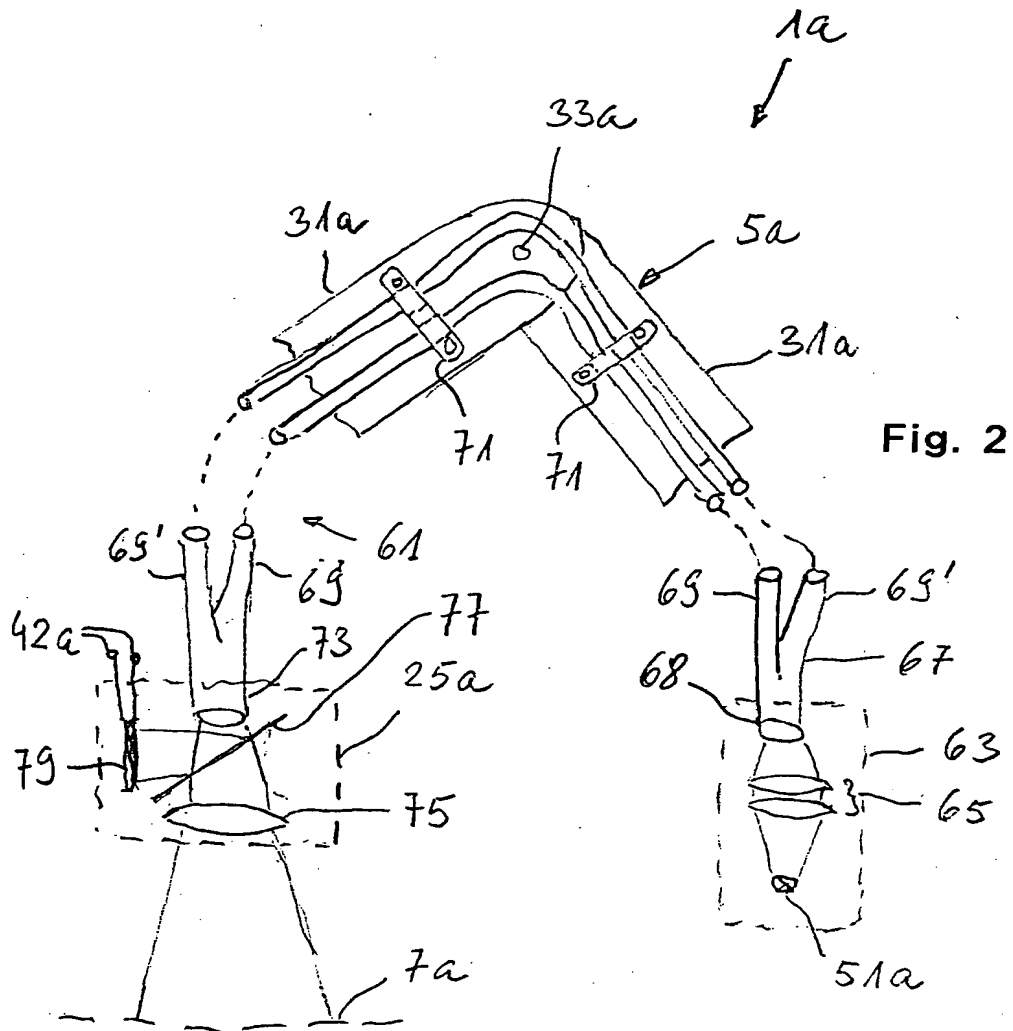


Fig. 7





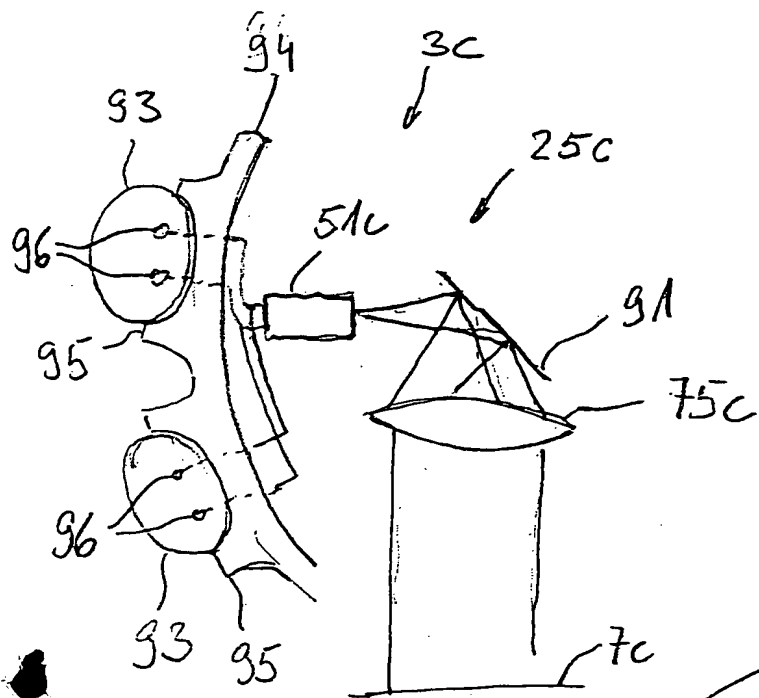


Fig. 5

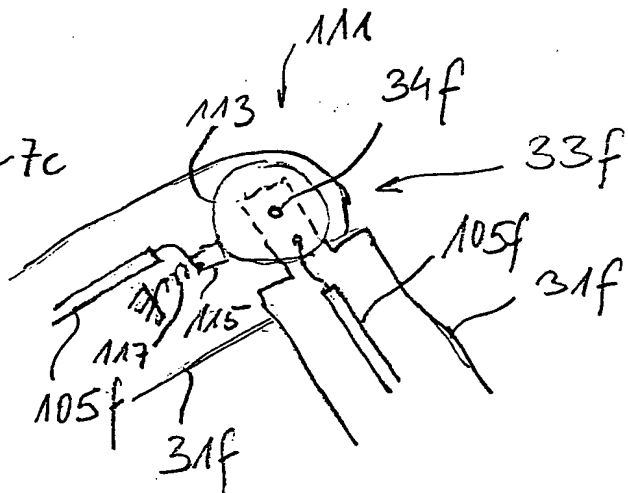


Fig. 8

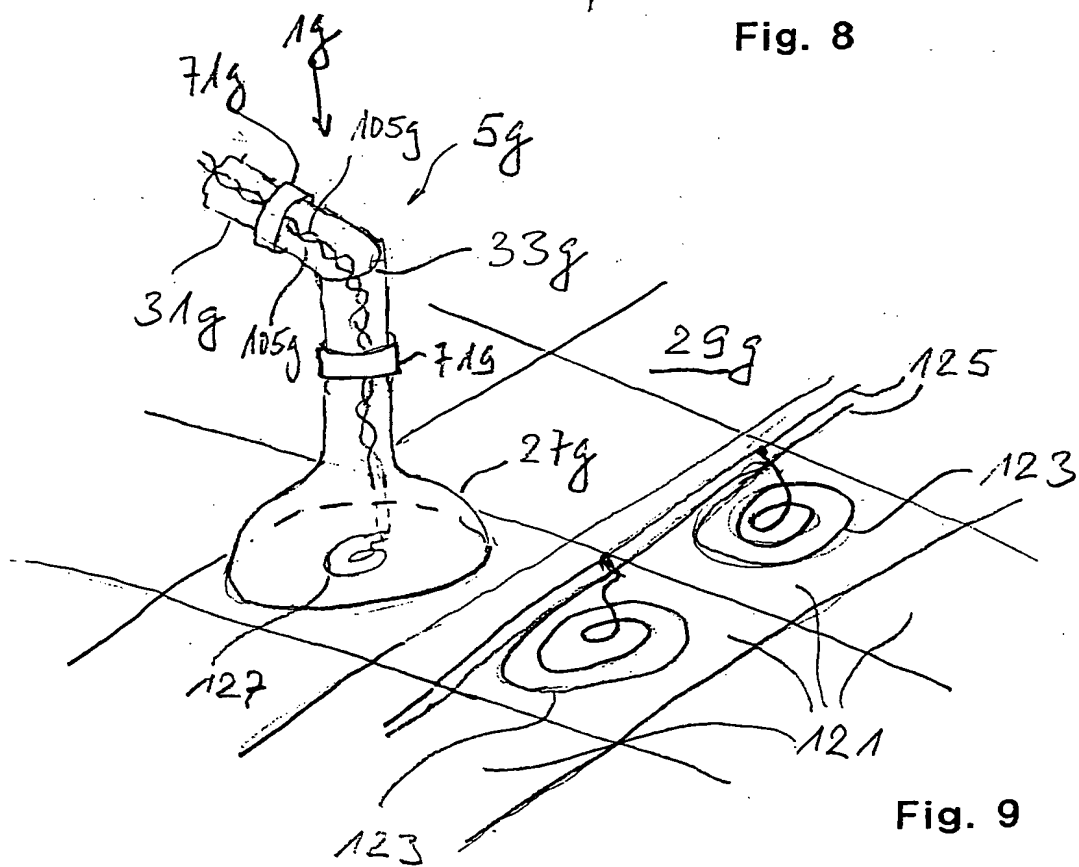


Fig. 9

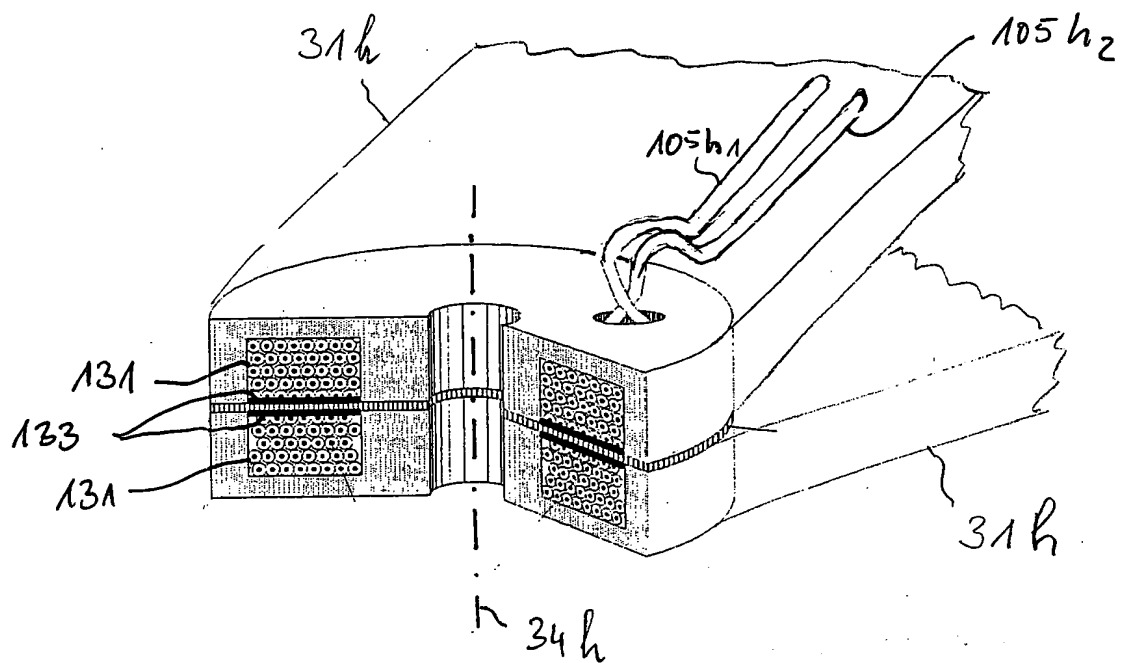


Fig. 10

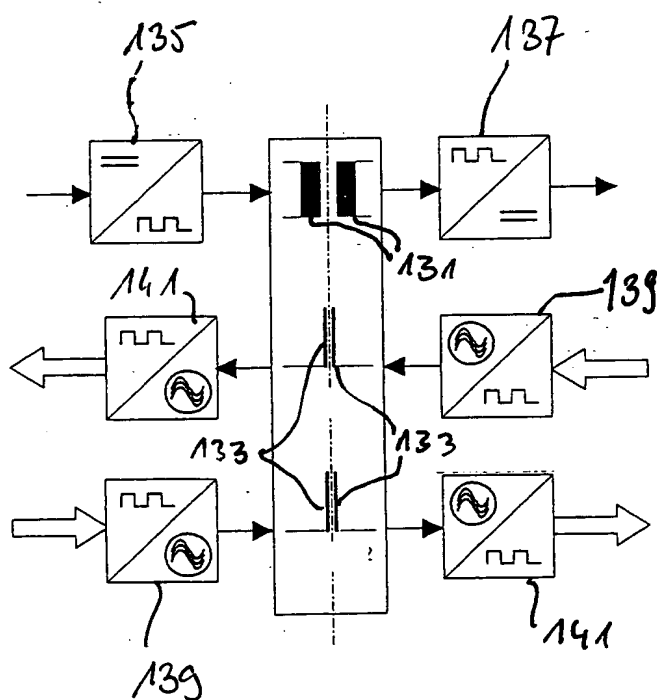


Fig. 11

### Zusammenfassung

Die Erfindung geht aus von einem Operationsmikroskopie-  
system 1, umfassend ein Operationsmikroskop 3 und ein  
Stativ 5 mit einer Stativbasis 27 und mehreren aneinander  
10 angelenkten Stativgliedern 31, von denen eines das Opera-  
tionsmikroskop trägt, wobei aneinander gekoppelte Stativ-  
glieder derart relativ zueinander verlagerbar sind, daß das  
Operationsmikroskop relativ zu der Stativbasis verlagerbar  
ist, und wobei eine herkömmliche entlang von Stativgliedern  
15 geführte Leitung ersetzt ist durch zwei oder mehrere ihre  
Funktion gemeinsam erfüllende Leitungen.

Ferner ist vorgesehen, Daten oder/und Energie zu dem Opera-  
tionsmikroskop drahtlos 39, 45 zu übertragen.

(Figur 1)

# **Zeichnung zur Zusammenfassung (Figur 1)**

